

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. April 2003 (24.04.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/034004 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01F 23/284**

(72) Erfinder; und

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP02/10785**

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LÜTKE, Wolfram**  
[DE/DE]; Am Gangsteig 27A, 83024 Rosenheim (DE).  
**MALZAHN, Thomas** [DE/DE]; Sonnenstrasse 12, 48429  
Rheine (DE). **KIRST, Michael** [DE/DE]; Alter Weg 8,  
79112 Freiburg (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. September 2002 (26.09.2002)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(74) **Anwalt: ANDRES, Angelika**; c/o Endress + Hauser  
Deutschland Holding GmbH, PatServe, Colmarer Strasse  
6, 79576 Weil am Rhein (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
101 49 851.9 10. Oktober 2001 (10.10.2001) **DE**

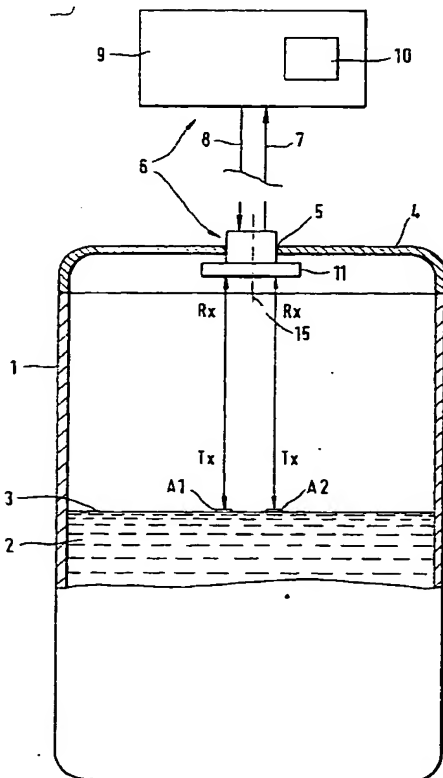
(81) Bestimmungsstaaten (national): **AE, AG, AL, AM, AT,**  
**AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,**  
**CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,**  
**GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,**  
**KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,**  
**MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,**

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme**  
**von US): ENDRESS + HAUSER GMBH + CO. KG**  
[DE/DE]; Hauptstrasse 1, 79689 Maulburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DEVICE FOR DETERMINING THE FILLING LEVEL OF A SUBSTANCE IN A CONTAINER

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DES FÜLLSTANDES EINES FÜLLGUTS IN EINEM BEHÄLTER



(57) **Abstract:** The invention concerns a device and a method for determining the filling level of a substance (2) in a container (1). Said method is characterized in that measuring signals (Tx), having at least two electronically switched different main emitting directions are emitted in at least two different measuring zones (A1, A2) located inside the container (1). The echo signals (Rx) reflected in the different measuring zones (A1, A2) are detected and used to determine the filling level and/or to detect spurious echo signals caused by the process and/or generated by sensors.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts (2) in einem Behälter (1). Das erfindungsgemäße Verfahren weist die folgenden Verfahrensschritte auf: Meßsignale (Tx) mit zumindest zwei unterschiedlichen, elektronisch geschalteten Hauptabstrahlrichtungen werden in zumindest zwei voneinander verschiedene Meßbereiche (A1, A2), die im Innern des Behälters (1) liegen, abgestrahlt; die in den verschiedenen Meßbereichen (A1, A2) reflektierten Echosignale (Rx) werden detektiert und zur Ermittlung des Füllstands und/oder zur Ermittlung von prozeß- und/oder sensorbedingte Störschichtsignalen herangezogen.

WO 03/034004 A1



SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

**(84) Bestimmungsstaaten (regional):** eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## **Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter**

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter über ein Laufzeitverfahren.

Laufzeitverfahren, beispielsweise das Pulsradarverfahren und das Frequenzmodulations-Dauerstrichradarverfahren (FMCW-Radar), nutzen die physikalische Gesetzmäßigkeit aus, daß die Laufstrecke eines Meßsignals gleich ist dem Produkt aus seiner Laufzeit und seiner Ausbreitungsgeschwindigkeit. Bei der Füllstandsmessung entspricht die Laufstrecke der Meßsignale dem doppelten Abstand zwischen der Antenne und der Oberfläche des Füllguts. Das Nutzechosignal, also das an der Oberfläche des Füllguts reflektierte Signal, und dessen Laufstrecke werden anhand der sog. Echofunktion bzw. der digitalisierten Hüllkurve bestimmt. Die Hüllkurve repräsentiert die Amplituden der Echosignale als Funktion des Abstandes 'Antenne – Oberfläche des Füllguts'. Der Füllstand selbst ergibt sich aus der Differenz zwischen dem bekannten Abstand der Antenne zum Boden des Behälters und dem durch die Messung bestimmten Abstand der Oberfläche des Füllguts zur Antenne.

Bekannt gewordene Füllstandsmeßgeräte sind derart ausgestaltet, daß sie die Meßsignale möglichst in einen punktförmigen Meßbereich der Oberfläche des Füllguts aussenden. Bei einer üblicherweise eingesetzten Antenne (Horn-, Stab-, Planar- oder Parabolantenne) liegt dieser Meßbereich in einer direkten Verlängerung zur Längsachse bzw. zur rotationssymmetrischen Achse der Antenne.

Entsprechend ausgestaltete Füllstandsmeßgeräte liefern verlässliche Meßdaten, solange die Längsachse der Antenne zumindest näherungsweise in Richtung der Oberflächennormalen des Füllguts positioniert ist. Diese Positionierung der Antenne wird jedoch erschwert oder sogar verhindert, wenn beispielsweise der Deckel des Behälters gekrümmt ist oder wenn der Öffnungsstutzen, in dem die Antenne montiert ist, gegenüber der Oberfläche des Füllguts geneigt ist. Bei einem schrägem Einbau des Füllstandsmeßgeräts liegt die Laufstrecke der Meßsignale außerhalb der Oberflächennormalen des Füllguts und entspricht somit nicht mehr dem kürzesten Abstand 'Antenne – Oberfläche des Füllguts'.

Folglich entspricht die direkt gemessene Füllhöhe auch nicht mehr der aktuellen Füllhöhe des Füllguts in dem Behälter. Weiterhin besteht bei schrägem Einbau der Antenne bzw. bei schräger Abstrahlung der Meßsignale zunehmend die Gefahr, daß die Meßsignale zumindest bei gewissen Füllständen an der Wandung des Behälters oder an einem Einbauteil im Behälter, beispielsweise einem Rührwerk, reflektiert werden. Bei einem festen Füllgut (Schüttgut) ist darüber hinaus die Oberfläche des Füllguts in den seltensten Fällen eben. Oftmals weist sie einen Schüttkegel im Bereich des Zulaufs auf. Die zuvor genannten Beispiele verdeutlichen, daß Füllstandsmessungen, die einen punktförmigen Bereich der Oberfläche des Füllguts als Meßort nutzen, durchaus zu fehlerhaften Meßergebnissen führen können.

Ein weiteres Problem bei der Füllstandsmessung mittels hochfrequenter Meßsignale, insbesondere mittels Mikrowellen, besteht darin, daß sich an der Antenne Ablagerungen von Füllgut oder Kondensat bilden können. Die Gefahr dieser sog. Ansatzbildung an der Antenne besteht vermehrt bei klebrigen, zähflüssigen, spritzenden und gerührten Füllgütern. Sie tritt aber auch auf bei Kondensatbildung an der Antenne. Zwar vertragen z. B. Mikrowellenantennen ein gewisses Maß an Verschmutzung; die Messung wird jedoch fehlerhaft oder versagt völlig, wenn die Schmutzschicht bzw. die Ansatzbildung ein gewisses Maß übersteigt.

So wird bei starker Ansatzbildung an der Antenne das Meßsignal letztlich vollständig absorbiert; ein Nutzechosignal ist dann überhaupt nicht mehr feststellbar. Das gleiche Phänomen tritt auf, wenn der Füllstand innerhalb der sog. Blockdistanz der Antenne liegt. Mit den bekannt gewordenen Methoden kann nicht ohne weiteres unterschieden werden, ob das fehlende Nutzecho-signal auf eine Ansatzbildung zurückzuführen ist oder aber auf die Tatsache, daß sich die Oberfläche des Füllguts in unmittelbarer Nähe zur Antenne bzw. innerhalb der Blockdistanz der Antenne befindet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren vorzuschlagen, die eine hochgenaue Messung des Füllstands eines Füllguts in einem Behälter über ein Laufzeitverfahren ermöglichen.

Die Aufgabe wird durch eine erfindungsgemäße Vorrichtung gelöst, die die folgenden Komponenten aufweist: Eine Sendeeinheit, die Meßsignale über eine Antenne mit zumindest einer elektronisch geschalteten Hauptabstrahl-richtung

aussendet, wobei die Hauptabstrahlrichtung der Meßsignale entweder außerhalb der Oberflächennormalen des Füllguts liegt oder wobei die Längsachse der Antenne außerhalb der Oberflächennormalen des Füllguts und wobei die zumindest eine Hauptabstrahlrichtung der Meßsignale im wesentlichen in Richtung der Oberflächennormalen des Füllguts liegt, oder wobei die Hauptabstrahlrichtungen der Meßsignale so gewählt sind, daß die Meßsignale in zumindest zwei voneinander verschiedene Meßbereiche, die sich im Nahfeld und/oder im Fernfeld der Sendeeinheit befinden, abgestrahlt werden; eine Empfangseinheit, die in dem zumindest einen Meßbereich reflektierten Echosignale empfängt; eine Regel-/Auswerteschaltung, die anhand der Laufzeit der reflektierten Echosignale den Füllstand und/oder prozeß- bzw. sensorbedingte Störgrößen im Innern des Behälters ermittelt. Bei der Sende-/Empfangseinheit kann es sich selbstverständlich um eine Antenne handeln.

Eine erste Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung zielt darauf ab, daß die Antenne so angesteuert wird, daß die Meßsignale unabhängig von dem Einbau der Antenne im Behälterdeckel oder in der Behälterwand im wesentlichen in Richtung der Oberflächennormalen des Füllguts abgestrahlt und reflektiert werden. Gemäß einer zweiten Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Längsachse der Antenne im wesentlichen in Richtung der Oberflächennormalen des Füllguts positioniert. Die Antenne wird z. B. digital so angesteuert, daß die Meßsignale unterschiedliche Bereiche der Oberfläche des Füllguts oder des Behälterinnern abtasten / abscannen. Infolge dieser Abtastung wird Information über die Umgebung des Meßbereichs bereitgestellt. Mittels der zweiten Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es u.a. möglich, Unebenheiten an der Oberfläche des Füllguts zu erkennen und bei der Bestimmung des aktuellen Füllstands zu berücksichtigen.

Weiterhin ermöglicht es die Erfindung, in einen ersten Meßzyklus Information über den Füllstand (→ Fernfeld-Messung) und in einem zweiten Meßzyklus Information über z.B. eine Ansatzbildung an der Antenne (→ Nahfeld-Messung) zu erhalten.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung handelt es sich bei der Sende-/Empfangseinheit um eine Patch-Antenne mit einer Vielzahl von Patches, welche die Funktion von Sende- und/oder Empfangselementen übernehmen. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Regel-/Auswerteschaltung die Patches elektronisch so schaltet, daß die Meßsignale

zumindest zwei voneinander verschiedene Hauptabstrahl-richtungen aufweisen. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, die Meßsignale gezielt so auszusenden, daß sie nicht an einem Einbauteil, das sich in dem Behälter befindet, reflektiert werden. Entsprechende Verfahren zum gezielten Abstrahlen und Empfangen von Meßsignalen sind übrigens in der Radar-technik unter dem Begriff 'digital beam forming' bekannt geworden.

Weiterhin ist vorgesehen, daß die Regel-/Auswerteeinheit die Patches so ansteuert, daß die Meßbereiche, in denen die Meßsignale auftreten, in zumindest zwei voneinander verschiedenen Bereichen der Oberfläche des Füllguts liegen. Diese Variante ermöglicht es, bei festen Schüttgütern eine Aussage über den Schüttkegel bzw. die Struktur der Oberfläche des Füllguts zu machen. Weiterhin ist es hierdurch möglich, Hindernisse im Strahlengang zu erkennen und auszublenden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung schlägt vor, daß die Regel-/Auswerteeinheit anhand mehrerer Meßsignale, die in unterschiedlichen Meßbereichen reflektiert wurden, das Nutzechosignal, also das an der Oberfläche des Füllguts reflektierte Meßsignal, zu bestimmen. Im einfachsten Fall erfolgt diese Bestimmung durch eine Mittelwertbildung.

Die beiden zuvor genannten vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zielen im wesentlichen auf Messungen im Fernfeld der Antenne ab: So können im Fernfeld befindliche Einbauteile oder eine ungleichmäßig geformte Füllgutoberfläche bei der Ermittlung des aktuellen Füllstands berücksichtigt werden. Eine sehr interessante Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist nun darauf gerichtet, Meßwerte aus dem Fernfeld und dem Nahfeld der Antenne zu gewinnen und auszuwerten.

Insbesondere ist vorgesehen, daß die Regel-/Auswerteeinheit anhand von Meßsignalen, die in einem ersten Meßbereich reflektiert werden, das Nutzechosignal ermittelt und daß die Regel-/Auswerteeinheit unter Nutzung von Meßsignalen, die in zumindest einem zweiten Meßbereich reflektiert werden, das Nutzechosignal korrigiert und/oder einer Plausibilitätsprüfung unterzieht und/oder die Ursache einer Fehlfunktion, insbesondere eine Ansatzbildung an der Sende-/Empfangseinheit, erkennt und/oder eine temporäre oder stationäre Störgröße im Innern des Behälters bzw. im Prozeß erkennt und ggf. bei der Füllstandsermittlung berücksichtigt.

Im Zusammenhang mit der Erkennung einer Fehlfunktion an der Antenne, z.B. einer Ansatzbildung, schlägt eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vor, daß die zumindest eine Sende-/Empfangseinheit einen Sendemodus und einen Testmodus aussendet bzw. empfängt, wobei die Hauptabstrahlrichtungen von Sendemodus und Testmodus voneinander verschieden sind. Zur Ermittlung des Füllstands wird auch weiterhin ein Sendemodus mit einer ausgeprägten Vorwärtskeule gewählt; als Testmodus wird bevorzugt ein Modus ausgewählt, der ausgeprägte Nebenkeulen aufweist.

Als sehr vorteilhaft wird es erachtet, wenn die Regel-/Auswerteeinheit die Sende-/Empfangseinheit so ansteuert, daß der Sendemodus und der Testmodus alternierend gesendet bzw. empfangen werden; anschließend werden beide Modus unabhängig voneinander ausgewertet. Beispielsweise wird anhand des Sendemodus der Füllstand ermittelt, während anhand des Testmodus Information darüber gewonnen wird, ob sich an der Antenne Ansatz gebildet hat. In diesem Zusammenhang ist es üblicherweise ausreichend, wenn die Regel-/Auswerteeinheit den Testmodus nur für vorgegebene Zeitintervalle aktiviert.

Eine alternative Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, daß die Regel-/Auswerteeinheit die Meßsignale des Meßmodus aufgrund der Meßsignale des Testmodus korrigiert und/oder daß die Regel-/Auswerteeinheit die Meßsignale des Testmodus zur Erkennung stationärer oder temporärer Störgrößen im Innenraum des Behälters heranzieht.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist die folgenden Verfahrensschritte auf: Meßsignale mit unterschiedlichen Hauptabstrahlrichtungen werden in zumindest zwei voneinander verschiedene Meßbereiche, die im Innern des Behälters liegen, abgestrahlt; anschließend werden die in den verschiedenen Meßbereichen reflektierten Echosignale detektiert; die detektierten Echosignale werden zur Ermittlung des Füllstands und/oder zur Ermittlung von prozeß- und/oder sensorbedingte Störechosignalen herangezogen.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: eine schematische Darstellung einer ersten Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2: eine Draufsicht auf eine erste Ausgestaltung einer Patch-Antenne, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eingesetzt werden kann,

Fig. 3: eine Draufsicht auf eine zweite Ausgestaltung einer Patch-Antenne, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eingesetzt werden kann,

Fig. 4: ein Blockschaltbild zur Ansteuerung einer Vielzahl von Sende-/Empfangelementen und

Fig. 5: eine schematische Darstellung einer zweiten vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer ersten Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung. In dem Behälter 1 ist das Füllgut 2 gelagert. Der Füllstand des Füllguts 2 in dem Behälter wird mittels des Füllstandsmeßgerät 6 über ein Laufzeitverfahren ermittelt. Im gezeigten Fall ist die Antenneneinheit 11 mit Signalerzeugungs-, Sende- und Empfangseinheit räumlich von der Regel-/Auswerteeinheit 9 und der Speichereinheit 10 abgesetzt. Der Datenaustausch und die Stromversorgung zwischen Antenneneinheit 11 und der Regel-/Auswerteeinheit 9 erfolgt über die Verbindungsleitungen 8, 9. Es versteht sich von selbst, daß in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung als Füllstandsmeßgerät 6 auch ein Kompaktgerät eingesetzt werden kann.

Die Antenneneinheit 11 ist in der Öffnung 5 im Deckel 4 des Behälters 1 montiert. Über die Antenneneinheit 11 werden Meßsignale Tx, insbesondere Mikrowellen, in Richtung der Oberflächennormalen des Füllguts 2 abgestrahlt. Im gezeigten Fall wird die Antenneneinheit 11 elektronisch so angesteuert, daß sie Meßsignale in zwei unterschiedliche Meßbereiche A1, A2 an der Oberfläche 3 des Füllguts 2 aussendet. Die reflektierten Echo-signale Rx werden in der Antenneneinheit 11 empfangen. Anhand der Laufzeit der Meßsignale Tx / Echosignale Rx ermittelt die Regel-/Auswerteeinheit 9 u.a. den aktuellen Füllstand des Füllguts 2 in dem Behälter 1.



Wie bereits zuvor erwähnt, kann die Antenne 11 erfindungsgemäß auch so montiert sein, daß die Längsachse 15 der Antenne 11 nicht parallel zur Oberflächennormalen des Füllguts 3 ausgerichtet ist. Dies ist – wie bereits zuvor gesagt – der Fall, wenn die Antenne in einem gekrümmten Behälter-deckel 4 montiert ist. Durch eine entsprechende elektronische Beschaltung der Antenne 11 kann die Hauptabstrahlrichtung der Meßsignale Tx in Richtung der Oberflächennormalen des Füllguts 2 realisiert werden.

Bei der Antenne 11, die in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung eingesetzt werden kann, handelt es sich - wie in den Figuren Fig. 2 und Fig. 3 dargestellt - beispielsweise um eine sog. Planarantenne. Bevorzugt kommt übrigens eine Patch-Antenne 16 zum Einsatz. Patch-Antennen 16 weisen eine Vielzahl von definierten Sende- und/oder Empfangselementen 12, 13 auf. Durch gezieltes elektronisches Zusammenschalten der Elemente 12, 13 lassen sich Meßsignale Tx mit unterschiedlichsten Abstrahlcharakteristiken erzeugen. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang auf die EP 1 076 244 A1.

Die in den Figuren Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Antennenstrukturen weisen jeweils eine Vielzahl von Sende- und/oder Empfangselementen 12, 13 auf. Der Einfachheit halber ist bei diesen Ausführungsbeispielen nur das Substrat 14 mit der darauf aufgebrachtten Antennenstruktur dargestellt. Die weiteren Komponenten einer Planarantenne/Patchantenne sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt.

Die Fläche eines einzelnen Sende- und/oder Empfangselements 12, 13 ist klein im Vergleich zur Fläche des Substrats 14. Symbolisch sind die Sende- und/oder Empfangselemente 12, 13 durch Kästchen dargestellt. Es versteht sich von selbst, daß jedes Sende- und/oder Empfangselement 12, 13 einzeln angeschlossen sein kann, indem z.B. in dem Substrat 14 entsprechend viele Bohrungen vorgesehen werden, durch die die elektrische Kontaktierung erfolgt.

Vorzugsweise werden jedoch mehrere Sende- und/oder Empfangselemente 12, 13 zu Funktionsblöcken zusammengeschlossen. So können z. B. wie in Fig. 2 dargestellt, alle im rechten Teil des Substrats angeordneten Sende- und/oder Empfangselemente 12, 13 und alle im linken Teil angeordneten Sende- und/oder Empfangselemente 12, 13 zu einem Funktionsblock zusammengeschaltet sein. Die Zuordnung ist in Fig. 2 symbolisch einge-tragen, indem die eine Hälfte der Sende- und/oder Empfangselemente 12 mit einem Kreuz markiert ist.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Zuordnung zu Funktionsblöcken gleichfalls durch Kreuze markiert. Auch hier sind zwei Funktionsblöcke vorgesehen, wobei die zugehörigen Sende- und/oder Empfangselemente 12, 13 schachbrettartig angeordnet sind.

Fig. 4 zeigt ein Blockschaltbild zur elektronischen Beschaltung von 1, 2 ..., N Sende-/Empfangselementen 12, 13. Die Sende-/Empfangselemente 12, 13 sind beispielsweise die Patches, die auf einer der in den Figuren Fig. 2 und Fig. 3 gezeigten Patch-Antennen 16 angeordnet sind.

Als Signalerzeugungseinheit wird eine Frequenzerzeugungsschaltung 17 verwendet. Das in der Frequenzerzeugungsschaltung 17 erzeugte Signal wird über einen Tiefpaß 18 der Sende-/Empfangsweiche 19 zugeleitet. Die Sende-/Empfangsweiche 19 kann beispielsweise durch einen Richtkoppler oder einen Zirkulator realisiert sein. Die Sende-/Empfangsweiche 19 dient dazu, das Meßsignal Tx vom Echosignal Rx zu trennen. Über die Sende-/Empfangsweiche 19, den Leistungsteiler 23 und N gesteuerte Phasenschieber 25 wird das Meßsignal Tx den N diskreten Sende-/Empfangselementen 12, 13 zugeleitet. Über die Winkelsteuerung 24, die selbstverständlich auch direkt in die Regel-/Auswerteeinheit 9 integriert sein kann, wird das bereits zuvor genannte 'digital beam forming' vorgenommen. Beispielsweise werden die Meßsignale Tx in zwei unterschiedliche Meßbereiche A1, A2 auf der Oberfläche 3 des Füllguts 2 fokussiert – diese Variante ist in Fig. 1 dargestellt. .

Das an der Oberfläche 3 des Füllguts 2 reflektierte Echosignal Rx wird dem Mischer 20 zugeführt, in dem es zwecks Demodulation mit dem Sendesignal Tx gemischt wird. Anschließend wird das heruntergemischte Echosignal Rx über einen Tiefpaß 21 einem Verstärker 22 zugeführt. Der Tiefpaß 21 dient der Elimination hochfrequenter, störender Signalanteile. Nachfolgend wird das gefilterte und verstärkte Signal der Regel-/Auswerteeinheit 9 zur Auswertung zugeleitet.

In Fig. 5 ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu sehen. Ein Füllstandsmeßgerät 6 ist in einer Öffnung 5 des Behälterdeckels 4 montiert. Die Meßsignale Tx bzw. die Echosignale Rx werden über eine Hornantenne 26 abgestrahlt bzw. empfangen.

Das Füllstandsmeßgerät 6 erzeugt Meßsignale Tx mit - im gezeigten Fall – zwei unterschiedlichen Moden, einem Meßmode und einem Testmode. Der Meßmode weist in Abstrahlrichtung eine ausgeprägte Haupt-keule auf, d.h. der Hauptteil der Strahlungsenergie trifft in Richtung der Oberflächennormalen auf die Oberfläche 3 des Füllguts 2 auf und wird von dort reflektiert. Anhand der Echokurve bzw. der Hüllkurve ermittelt die Regel-/Auswerteeinheit 9 die Lage des Nutzechosignals und nachfolgend den Füllstand des Füllguts 2 in dem Behälter 3. Der Meßmode wird übrigens in Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung kontinuierlich oder alternierend betrieben.

Der Testmode weist, wie in der Fig. 5 skizziert, ausgeprägte Nebenkeulen auf. Bevorzugt wird übrigens ein 'temporärer' Testmode verwendet, d.h. der Testmode wird nur während vorgegebener Zeitintervalle aktiviert. Beispielsweise handelt es sich bei dem Testmode um einen höheren Eigenmode der Antenne 26. Während der Meßmode zur Füllstandsbestimmung herangezogen wird, liefert der Testmode Information über das Umfeld der Antenne bzw. über das Umfeld des Meßbereichs oder über die Verhältnisse und Veränderungen an der Antenne 26. Dieser Testmode reagiert empfindlicher und insbesondere auch besser auswertbar auf charakteristische und/oder strukturelle Veränderungen innerhalb des Meßvolumens. Er kann u. a. zur Ansatzüberwachung an der Antenne und/oder zur Plausibilitätskontrolle des gemessenen Füllstands herangezogen werden. Eine Auswertung des Testmodes erfolgt beispielsweise anhand der Echokurve oder über ein sonstiges Auswerteverfahren, das im Zusammenhang mit der Ermittlung des Füllstands über die Laufzeit von Meßsignalen bekannt geworden ist.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts (2) in einem Behälter (1) mit einer Sendeeinheit, die Meßsignale (Tx) über zumindest eine Antenne (11) mit zumindest einer elektronisch geschalteten Hauptabstrahlrichtung aussendet,  
wobei zumindest eine Hauptabstrahlrichtung der Meßsignale (Tx) entweder außerhalb der Oberflächennormalen des Füllguts (2) liegt oder wobei die Längsachse (15) der Antenne (11) außerhalb der Oberflächennormalen des Füllguts und wobei die zumindest eine Hauptabstrahlrichtung der Meßsignale (Tx) im wesentlichen in Richtung der Oberflächennormalen des Füllguts (2) liegt, oder wobei die Hauptabstrahlrichtungen der Meßsignale (Tx) so gewählt sind, daß die Meßsignale (Tx) in zumindest zwei voneinander verschiedene Meßbereiche (A1, A2) abgestrahlt werden,  
mit einer Empfangseinheit, die die in dem zumindest einen Meßbereich (A1; A2) reflektierten Echosignale (Rx) empfängt, und  
mit einer Regel-/Auswerteschaltung (9), die anhand der Echosignale (Rx) den Füllstand und/oder prozeß- bzw. sensorbedingte Störgrößen im Innern des Behälters (1) ermittelt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
wobei es sich bei der Antenne (11) um eine Patch-Antenne (16) mit einer Vielzahl von Patches bzw. Sende- und/oder Empfangselementen (12, 13) handelt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
daß die Regel-/Auswerteschaltung die Patches (12, 13) so ansteuert, daß die Meßsignale (Tx) zumindest zwei voneinander verschiedene Hauptabstrahlrichtungen aufweisen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (9) die Patches (12, 13) so ansteuert, daß die Meßbereiche (A1, A2) in zumindest zwei voneinander verschiedenen Bereichen der Oberfläche (3) des Füllguts (2) bzw. in zwei von einander verschiedenen Teilen des Behälters(1) liegen.

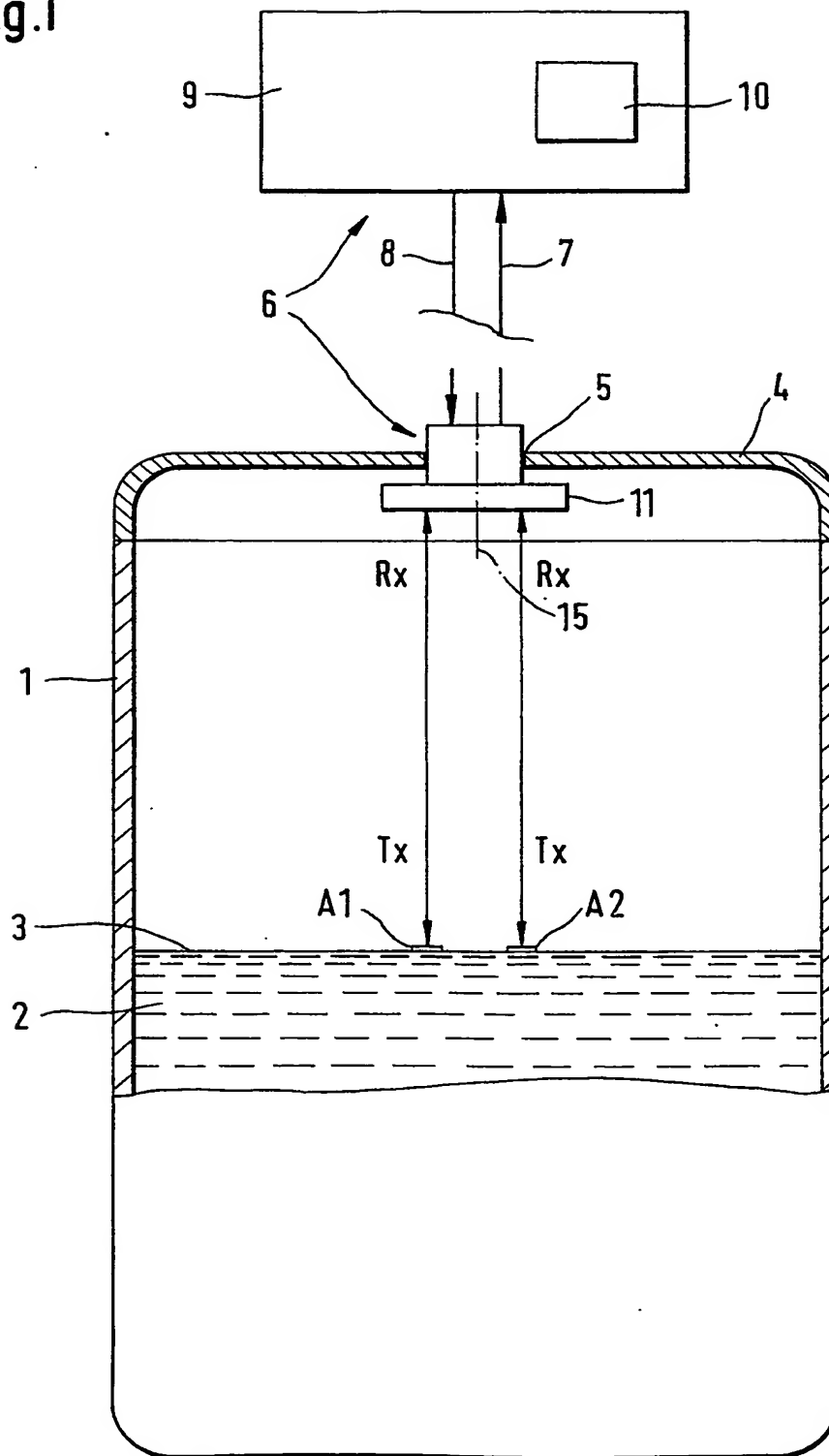
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (9) anhand der aus mehreren Meßbe-reichen (A1, A2) reflektierten Meßsignale (Rx) das sog. Nutzechosignal, also das an der Oberfläche (3) des Füllguts (2) reflektierte Meßsignal, ermittelt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 5,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (9) anhand von Meßsignalen (Rx1), die in einem ersten Meßbereich (A1) reflektiert werden, das Nutzechosignal ermittelt und  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit unter Nutzung von Meßsignalen (Rx2) , die in einem zweiten Meßbereich (A2) reflektiert werden, das Nutzechosignal korrigiert und/oder einer Plausibilitätsprüfung unterzieht und/oder die Ursache einer Fehlfunktion, insbesondere eine Ansatzbildung an der Antenne (11), erkennt und/oder eine temporäre oder stationäre Störgröße im Innern des Behälters (1) bzw. im Prozeß erkennt und ggf. bei der Füllstandsermittlung berücksichtigt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
wobei die zumindest eine Sende-/Empfangseinheit einen Sendemode und einen Testmode aussendet bzw. empfängt und  
wobei die Hauptabstrahlrichtungen von Sendemode und Testmode voneinander verschieden sind.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (9) die Sende-/Empfangseinheit so ansteuert, daß der Sendemode und der Testmode alternierend gesendet bzw. empfangen werden und  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (9) beide Moden unabhängig voneinander auswertet.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (9) den Testmode nur für vorgegebene Zeitintervalle aktiviert.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9,  
wobei die Regel-/Auswerteeinheit (9) die Meßsignale des Meßmodes aufgrund der Meßsignale des Testmodes korrigiert und/oder

wobei die Regel-/Auswerteeinheit (9) die Meßsignale des Testmodes zur Ansatzerkennung und oder zur Erkennung stationärer oder temporärer Störgrößen im Innenraum des Behälters (1) heranzieht.

11. Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter über ein Laufzeitverfahren,  
wobei Meßsignale (Tx1, Tx2) mit unterschiedlichen Hauptabstrahlrichtungen in zumindest zwei voneinander verschiedene Meßbereiche (A1, A2), die im Innern des Behälters (1) liegen, abgestrahlt werden,  
wobei die in den verschiedenen Meßbereichen (A1, A2) reflektierten Echosignale (Rx) detektiert werden, und  
wobei die Echosignale (Rx) zur Ermittlung des Füllstands und/oder zur Ermittlung von prozeß- und/oder sensorbedingte Störechosignalen herangezogen werden.

1 / 4

Fig.1



2 / 4

Fig.2

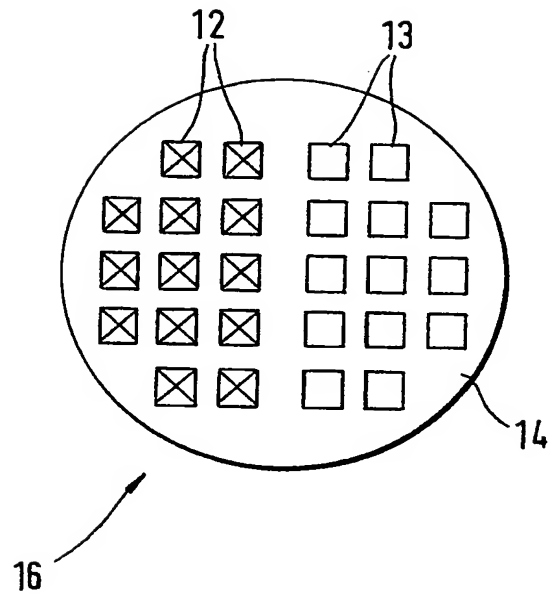
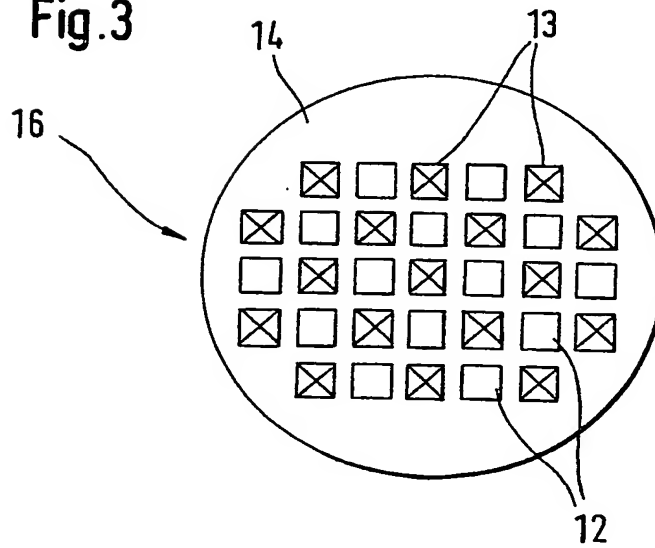


Fig.3





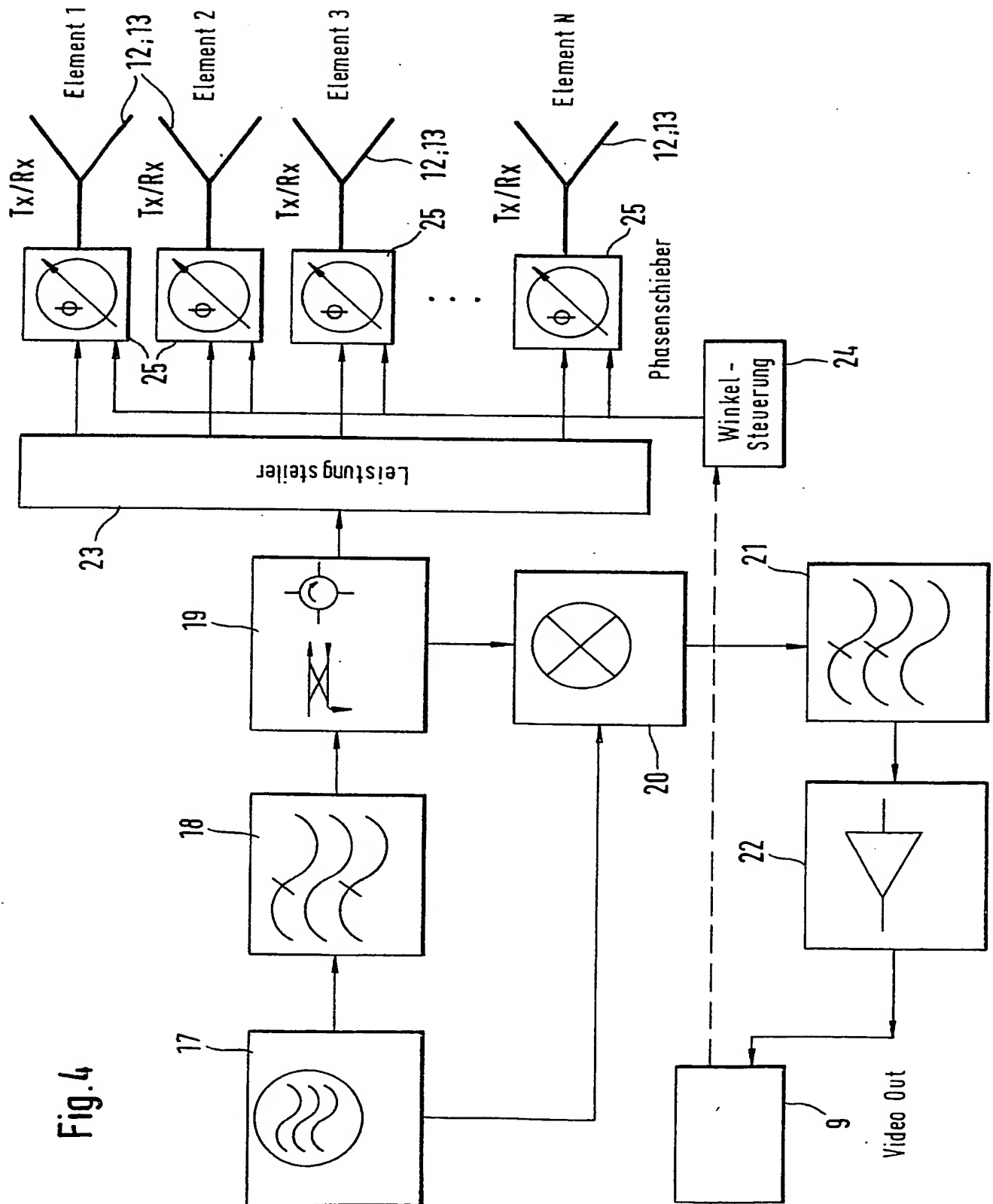
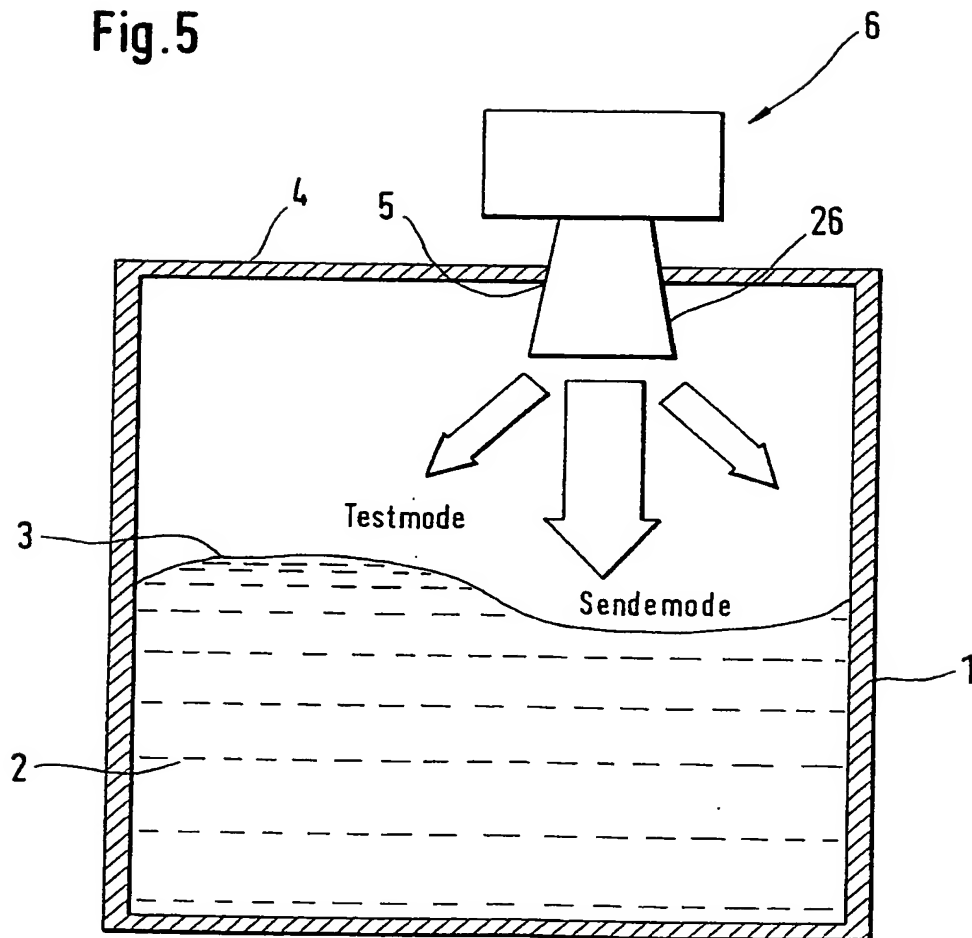


Fig. 4

Fig.5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/10785

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01F23/284

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 11323 A (GRIESSBAUM KARL ; FEHRENBACH JOSEF (DE); GRIESHABER VEGA KG (DE)) 15 February 2001 (2001-02-15)	1, 2, 5
A	page 7, line 5 - line 15; figure 4	11
X	US 5 406 842 A (LOCKE JOHN W) 18 April 1995 (1995-04-18)	1, 2, 5
A	column 3, line 37 - line 56; figure 2	11
P, X	US 2002/040596 A1 (LUTKE WOLFRAM ET AL) 11 April 2002 (2002-04-11)	1, 2, 5
A	page 3, paragraph 48 - page 4, paragraph 54; figures 4, 5	11
P, X	DE 101 06 176 A (GRIESHABER VEGA KG) 29 August 2002 (2002-08-29) the whole document	1, 11

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 January 2003

Date of mailing of the international search report

20/01/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Boerrigter, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/10785

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0111323	A	15-02-2001	US 6310574 B1	30-10-2001
			AU 6280200 A	05-03-2001
			CN 1361860 T	31-07-2002
			DE 20022602 U1	20-12-2001
			WO 0111323 A1	15-02-2001
			EP 1177418 A1	06-02-2002
			HU 0202632 A2	28-11-2002
			US 2002008659 A1	24-01-2002
US 5406842	A	18-04-1995	DE 4431886 A1	18-05-1995
US 2002040596	A1	11-04-2002	DE 10049995 A1	11-04-2002
			AU 8586201 A	22-04-2002
			WO 0231450 A1	18-04-2002
DE 10106176	A	29-08-2002	DE 10106176 A1	29-08-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01F23/284

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01 11323 A (GRIESSBAUM KARL ; FEHRENBACH JOSEF (DE); GRIESHABER VEGA KG (DE)) 15. Februar 2001 (2001-02-15)	1,2,5
A	Seite 7, Zeile 5 - Zeile 15; Abbildung 4	11
X	US 5 406 842 A (LOCKE JOHN W) 18. April 1995 (1995-04-18)	1,2,5
A	Spalte 3, Zeile 37 - Zeile 56; Abbildung 2	11
P,X	US 2002/040596 A1 (LUTKE WOLFRAM ET AL) 11. April 2002 (2002-04-11)	1,2,5
A	Seite 3, Absatz 48 - Seite 4, Absatz 54; Abbildungen 4,5	11
P,X	DE 101 06 176 A (GRIESHABER VEGA KG) 29. August 2002 (2002-08-29) das ganze Dokument	1,11

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Januar 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/01/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Boerrigter, H

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/10785

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0111323	A	15-02-2001	US 6310574 B1	30-10-2001
			AU 6280200 A	05-03-2001
			CN 1361860 T	31-07-2002
			DE 20022602 U1	20-12-2001
			WO 0111323 A1	15-02-2001
			EP 1177418 A1	06-02-2002
			HU 0202632 A2	28-11-2002
			US 2002008659 A1	24-01-2002
US 5406842	A	18-04-1995	DE 4431886 A1	18-05-1995
US 2002040596	A1	11-04-2002	DE 10049995 A1	11-04-2002
			AU 8586201 A	22-04-2002
			WO 0231450 A1	18-04-2002
DE 10106176	A	29-08-2002	DE 10106176 A1	29-08-2002